

## **BAB IV**

### **PELAKSANAAN PENELITIAN**

#### **4.1 Tinjauan Umum**

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian laboratorium dengan membuat benda uji balok dan kubus yang dibakar dalam tungku dengan suhu tinggi, sehingga didapat kondisi yang mendekati sama dengan balok pada struktur bangunan yang mengalami kebakaran. Benda uji berupa balok persegi berukuran 15 x 15 x 45 cm sebanyak 36 buah, dan kubus berukuran 15 x 15 x 15 cm sebanyak 36 buah. Pembuatan adukan beton untuk benda uji direncanakan dengan metode ACI ( American Concrete Institute ) sebagai dasar pembuatan *mix design*. Mutu beton yang direncanakan adalah beton dengan kuat desak karakteristik sebesar  $f'c = 40 \text{ Mpa}$ .

Tahap pelaksanaan penelitian ini meliputi tahapan persiapan bahan dan alat, pemeriksaan material, perhitungan campuran beton dan pembuatan benda uji. Langkah selanjutnya dilakukan rawatan benda uji, pembakaran benda uji serta pengujian terhadap kuat desak dan kuat lentur beton.

#### **4.2 Persiapan Bahan dan Alat**

Bahan dan peralatan yang akan digunakan harus terlebih dahulu dipersiapkan agar dalam pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar. Pembuatan benda uji pada penelitian ini menggunakan peralatan milik PT. Karya Beton Sudhira Jakarta,

sedangkan tungku yang digunakan untuk membakar benda uji adalah tungku glasir milik Unit Pelayanan Teknis (UPT), Gerabah Kasongan. Pengujian desak dan lentur dilakukan dilaboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah merupakan material dari PT. Karya Beton Sudhira yang didatangkan dari daerah Belitung dan daerah Sidamanik, Jawa Barat.

#### 4.2.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Pasir hitam : asal daerah Sidamanik, Jawa Barat.
2. Pasir Putih : asal daerah Belitung, Sumatera selatan.
3. Batu pecah : asal daerah Sidamanik, Jawa Barat.
4. Semen : Tipe I merek Indocement.
5. Air : asal daerah proyek PT. Karya Beton Sudhira, Balaraja.

Untuk bahan-bahan yang berupa pasir dan batu pecah terlebih dahulu dilakukan penelitian terhadap kadar lumpur, berat jenis dan modulus butiran pasir.

Dari penelitian terhadap bahan-bahan tersebut didapatkan data sebagai berikut :

Pasir hitam : Berat jenis ( keadaan SSD ) =  $2,564 \text{ t/m}^3$

Modulus Halus Butiran ( MHB ) =  $3,6256 \approx 3,63$

Kadar lumpur =  $5,7082 \%$

Pasir Putih : Berat Jenis ( Keadaan SSD ) =  $3,5714 \text{ t/m}^3$

Modulus halus Butiran ( MHB ) =  $2,4653 \approx 2,47$

Kadar lumpur =  $0,80645 \%$

Pasir Putih dan hitam : Berat Jenis ( Keadaan SSD ) = 3,0675 t/m<sup>3</sup>

Modulus halus Butiran ( MHB ) = 3,10

Kadar lumpur = 3,2571 %

Split : Berat jenis ( keadaan SSD ) = 2,55 t/m<sup>3</sup>

Berat jenis kering tusuk = 1,50 t/m<sup>3</sup>

Kadar lumpur ( setelah dicuci ) = 0,8471 %

Diameter maksimum = 40 mm

#### 4.2.2 Alat – alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini seperti yang tercantum dalam tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Daftar Peralatan

No	Alat	Kegunaan
1	Ayakan	Menyaring agregat
2	Bak penampung	Menampung beton segar
3	Acuan balok beton	Mencetak benda uji balok
4	Acuan kubus	Mencetak benda uji kubus
5	Kerucut Abrams	Pengujian slump
6	Palu kayu	Memadatkan beton
7	Skop kecil	Mengaduk agregat
8	Loader	Mengangkut material
9	Neraca digital	Menimbang bahan
10	Truk mixer	Mencampur adukan beton
11	Tongkat penumbuk	Memadatkan beton
12	Tongkat glasir	Membakar benda uji
13	Mesin uji desak	Menguji desak beton
14	Mesin uji lentur	Menguji lentur beton

### 4.3 Perhitungan Campuran Beton

Perhitungan campuran beton ini didasarkan pada data bahan susun beton yang telah diteliti sebelumnya sebagai berikut :

1. Kuat tekan rencana ( $\sigma 'bk$ ) = 40 Mpa
2. Diameter Maksimum agregat kasar / batu pecah = 40 mm
3. Modulus Halus Butir ( MHB ) pasir hitam = 3,63
4. Modulus Halus Butir ( MHB ) pasir putih = 2,47
5. Modulus Halus Butir ( MHB ) pasir putih dan hitam = 3,10
6. Berat jenis batu pecah kering tusuk = 1,50 t/m<sup>3</sup>
7. Berat jenis batu pecah ( SSD ) = 2,55 t/m<sup>3</sup>
8. Berat jenis semen = 3,150

Perhitungan campuran beton dengan metode ACI adalah sebagai berikut :

1. Menghitung Kuat desak rata-rata.
  - a. Menghitung kuat desak rata-rata.

$$\sigma 'bk \text{ (kubus)} = 40 \text{ Mpa}$$

$$f_c = 0,83 \cdot \sigma 'bk \text{ (kubus)}$$

$$= 33,2 \text{ Mpa} = 4811,5 \text{ psi} > 3000 \text{ psi}$$

$$f_{cr} = f_c + 1200 \text{ (psi)}$$

$$= f_c + 8,28 \text{ Mpa}$$

$$= 33,2 + 8,28 = 41,48 \text{ Mpa}$$

2. Menetapkan faktor air semen ( fas )

Berdasarkan tabel 2.2 untuk  $f_{cr}$  silinder = 41,48 Mpa didapat fas = 0,353.

Berdasarkan tabel 2.3 beton yang terlindung dari hujan dan terik matahari

langsung didapat fas = 0,60. Dari kedua nilai fas diatas dipakai nilai fas terendah yaitu fas = 0,357.

### 3. Menetapkan nilai slump

Dari tabel 2.4 untuk balok didapat nilai slump minimum dan maksimum berturut-turut adalah 7,5 cm dan 15 cm.

### 4. Menetapkan kebutuhan air

Untuk nilai slump 7,5 - 15 cm dan agregat maks 40 mm didapat :

a. Kebutuhan air = 177 liter

b. Udara terperangkap = 1 %

### 5. Menghitung kebutuhan semen

$$\text{Berat semen} = \frac{\text{Berat air}}{\text{Fas}} = \frac{177}{0,357} = 495,798 \text{ kg}$$

$$\text{Volume semen} = \frac{\text{Berat semen}}{\text{Bj semen}} = \frac{495,789}{3150} = 0,1574 \text{ m}^3$$

### 6. Menetapkan berat agregat kasar

a. Berdasarkan tabel 2.6 untuk modulus halus butir pasir hitam = 3,63 dan agregat maks = 40 mm didapat volume agregat kasar = 0,6259 m<sup>3</sup>.

$$\begin{aligned} \text{Berat agregat kasar} &= \text{vol. agregat kasar} \times \text{bj batu pecah} \\ &= 0,6259 \times 1,50 \times 1000 \\ &= 0,93885 \times 1000 = 938,85 \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume agregat kasar} &= \text{berat agregat kasar} / \text{bj. Batu pecah} \\ &= 938,85 / (2,55 \times 1000) \\ &= 0,368176 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b. Untuk modulus halus pasir putih = 2,47 dan agregat maks = 40 mm didapat volume agregat kasar = 0,753 m<sup>3</sup>.

$$\begin{aligned}\text{Berat agregat kasar} &= \text{vol. agregat kasar} \times \text{bj batu pecah} \\ &= 0,753 \times 1,50 \times 1000 \\ &= 1,1295 \times 1000 = 1129,5 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume agregat kasar} &= \text{berat agregat kasar} / \text{bj. Batu pecah} \\ &= 1129,5 / (2,55 \times 1000) \\ &= 0,4429 \text{ m}^3\end{aligned}$$

c. Untuk modulus halus pasir putih dan hitam = 3,10 dan agregat maks = 40 mm

$$\text{didapat volume agregat kasar} = 0,665 \text{ m}^3.$$

$$\begin{aligned}\text{Berat agregat kasar} &= \text{vol. agregat kasar} \times \text{bj batu pecah} \\ &= 0,665 \times 1,50 \times 1000 \\ &= 0,9975 \times 1000 = 997,5 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume agregat kasar} &= \text{berat agregat kasar} / \text{bj. Batu pecah} \\ &= 997,5 / (2,55 \times 1000) \\ &= 0,39118 \text{ m}^3\end{aligned}$$

## 7. Menghitung berat agregat halus

a. Pasir hitam

$$\begin{aligned}V_p &= 1 - (V_s + V_k + V_a + V_u) \\ &= 1 - (0,1574 + 0,368 + 0,177 + 0,01) \\ &= 0,2874 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat pasir} &= V_p \times \text{bj pasir} \\ &= 0,2874 \times 2,564 = 0,736955 \text{ ton} \\ &= 736,955 \text{ kg}\end{aligned}$$

b. Pasir putih

$$\begin{aligned}V_p &= 1 - (V_s + V_k + V_a + V_u) \\ &= 1 - (0,1574 + 0,4429 + 0,177 + 0,01) \\ &= 0,2127 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat pasir} &= V_p \times \text{bj pasir} \\ &= 0,2127 \times 3,571 = 0,75955 \text{ ton} \\ &= 759,55 \text{ kg}\end{aligned}$$

c. Pasir Putih dan hitam

$$\begin{aligned}V_p &= 1 - (V_s + V_k + V_a + V_u) \\ &= 1 - (0,1574 + 0,39118 + 0,177 + 0,01) \\ &= 0,26442 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pasir} &= V_p \times b_j \text{ pasir} \\
 &= 0,26442 \times 3,0675 = 0,811241 \text{ ton} \\
 &= 811,241 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

8. Kebutuhan material dalam 1 m<sup>3</sup> beton adalah :

- Pasir hitam

- a. semen = 495,798 kg
- b. pasir = 736,955 kg
- c. batu pecah = 938,85 kg
- d. air = 177 liter

- Pasir putih

- a. semen = 495,798 kg
- b. pasir = 759,55 kg
- c. batu pecah = 1129,5 kg
- d. air = 177 liter

- Pasir putih dan hitam

- a. semen = 495,798 kg
- b. pasir = 811,241 kg
- c. batu pecah = 997,5 kg
- d. air = 177 liter

9. Benda uji

1. Kubus (15 x15 x15) cm<sup>3</sup>

$$\begin{aligned}
 \text{Volume kubus} &= 3375 \text{ cm}^3 \\
 &= 3,375 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah} = 36 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah volume} = 36 \times 3,375 \cdot 10^{-3} = 0,1215 \text{ m}^3.$$

2. Balok persegi (15 x 15 x 45) cm<sup>3</sup>

$$\text{Volume balok} = 10125 \text{ cm}^3$$

$$\text{Jumlah} = 36 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah volume} &= 36 \times 10125 \\ &= 364500 \text{ cm}^3 \\ &= 0,3645 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume total benda uji} &= \text{jumlah volume kubus} + \text{jumlah volume balok} \\ &= 0,1215 + 0,3645 \\ &= 0,486 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Kebutuhan material untuk benda uji adalah :

- Pasir hitam

$$\text{a. semen} = 0,486 \times (495,798 + 10\% \cdot 495,798) = 265,054 \text{ kg}$$

$$\text{b. pasir} = 0,486 \times (736,955 + 10\% \cdot 736,955) = 393,976 \text{ kg}$$

$$\text{c. batu pecah} = 0,486 \times (930,85 + 10\% \cdot 930,85) = 497,632 \text{ kg}$$

$$\text{d. air} = 0,486 (177 + 10\% \cdot 177) = 94,624 \text{ kg}$$

- Pasir putih

$$\text{a. semen} = 0,486 \times (495,798 + 10\% \cdot 495,798) = 265,054 \text{ kg}$$

$$\text{b. pasir} = 0,486 \times (759,55 + 10\% \cdot 759,55) = 400,055 \text{ kg}$$

$$\text{c. batu pecah} = 0,486 \times (1129,5 + 10\% \cdot 1129,5) = 603,831 \text{ kg}$$

$$\text{d. air} = 0,486 (177 + 10\% \cdot 177) = 94,624 \text{ kg}$$

- Pasir putih dan hitam

$$\text{a. semen} = 0,486 \times (495,798 + 10\% \cdot 495,798) = 265,054 \text{ kg}$$

$$\text{b. pasir} = 0,486 \times (811,241 + 10\% \cdot 811,241) = 433,689 \text{ kg}$$

$$\text{c. batu pecah} = 0,486 \times (997,5 + 10\% \cdot 997,5) = 533,264 \text{ kg}$$

$$\text{d. air} = 0,486 (177 + 10\% \cdot 177) = 94,624 \text{ kg}$$

#### **4.4 Pelaksanaan Penelitian**

##### **4.4.1 Pembuatan Benda uji**

Untuk mendapatkan benda uji yang sesuai rencana, pembuatan benda uji pada penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut ini.

1. Alat - alat dipersiapkan, acuan disiapkan ditempat yang teduh agar tidak terkena panas matahari, loader dan truk mixer dipersiapkan.
2. Penrograman dengan komputer sesuai dengan nilai karakteristik beton yang kita kehendaki.
3. Bahan disiapkan dan ditimbang dengan proporsi yang telah ditentukan.
4. Pengadukan campuran dilakukan dengan memasukkan secara bertahap bahan-bahan agregat kasar dan sebagian air dari jumlah yang dibutuhkan kedalam tabung pengaduk yang berputar. Setelah beberapa saat ditambahkan agregat halus, semen dan air sedikit demi sedikit sampai campuran rata.
5. Adukan yang telah jadi segera dituang kedalam bak penampungan beton segar untuk diuji slumpnya dengan menggunakan kerucut Abrams.
6. Jika kelecakan adukan telah dicapai selanjutnya beton beton segar segera dituang ke dalam cetakan yang telah diolesi oli.
7. Bersamaan dengan masuknya beton ke dalam cetakan, dilakukan pemadatan dengan cara ditusuk-tusuk pada adukan betonnya dan juga ditusuk-tusuk sisi luar cetakannya dengan palu kayu agar gelembung udara yang terperangkap bisa keluar.
8. Setelah cetakan penuh dan padat, bagian atasnya diratakan kemudian didiamkan ditempat yang terlindung dari panas dan hujan.

9. Cetakan dibuka 24 jam kemudian dan selanjutnya segera dilakukan perawatan terhadap beton tersebut.

#### 4.4.2 Rawatan Benda uji

Rawatan benda uji beton adalah suatu upaya untuk menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab, sejak adukan beton dipadatkan sampai beton dianggap cukup keras pada umur yang direncanakan. Kelembaban permukaan beton itu harus dijaga untuk menjamin proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan, akan terjadi beton yang kurang baik dan juga timbul retak-retak. Selain itu kelembaban permukaan tadi juga menambah beton lebih tahan cuaca dan lebih kedap air.

Pada penelitian ini diambil metode perawatan beton yang biasa dilakukan dengan cara menyiram benda uji tiap pagi, siang dan sore hari.

#### 4.4.3 Pembakaran Benda Uji

Sebelum dibakar benda uji ditimbang dan dicari volumenya, sebelum itu dicatat hal-hal yang terkait dengan kondisi fisik beton pra pembakaran. Proses pembakaran benda uji dilakukan setelah beton berumur kurang lebih 28 hari dan dilakukan dengan menggunakan tungku glasir yang mampu mencapai suhu  $1200^{\circ}\text{C}$ . Pada penelitian ini, suhu yang dipakai adalah  $100^{\circ}\text{C}$ ,  $300^{\circ}\text{C}$  dan  $600^{\circ}\text{C}$  selama waktu pembakaran 3 jam.

Lamaanya waktu pembakaran ini dihitung mulai saat penyalaan tungku, setelah mencapai suhu yang direncanakan dan suhu dipertahankan agar tetap konstan sampai waktu yang ditentukan. Selanjutnya tungku dimatikan dan ditunggu sampai suhu

dalam tungku mencapai suhu ruangan, baru benda uji dikeluarkan dari tungku. Setelah suhu benda uji mencapai suhu ruangan dicari kembali berat dan volume benda uji serta dicatat kondisi fisik beton pasca pembakaran.

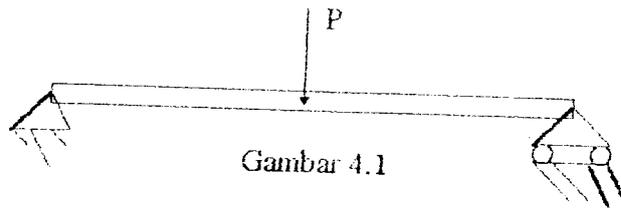
#### 4.4.4 Pengujian Desak dan Lentur Beton

Setelah beton berumur lebih kurang 28 hari, benda uji yang tidak dibakar langsung diuji lentur dan desak. Sedangkan untuk benda yang dibakar pengujian dilakukan setelah suhu benda uji sama dengan suhu ruangan. Pengujian desak dan lentur ini dilakukan dilaboratorium Bahan Konstruksi teknik, FTSP, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Data yang diambil pada pengujian desak adalah beban maksimum beton. Untuk pengujian kuat lentur data yang diambil adalah beban maksimum dan kuat lentur beton.

Kuat desak beton dapat diketahui dengan cara membagi beban maksimum yang dicapai dengan luasan permukaan bagian yang didesak, secara matematis dapat ditulis  $f'c = P/A$  dengan  $f'c =$  Kuat desak beton (Mpa),  $P =$  Beban maksimum (kN),  $A =$  Luas penampang beda uji.

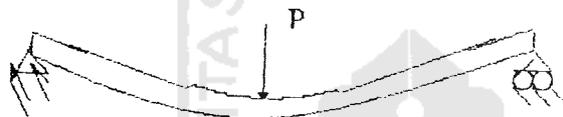
Sedangkan pengujian kuat lentur dilakukan dengan membuat pembebanan satu titik pada tengah balok sehingga didapatkan tegangan lentur maksimum pada balok yang diuji. Lentur yang terjadi adalah lentur murni dari sebuah balok dengan suatu momen lentur yang tidak dipengaruhi oleh gaya lintang (gaya-gayanya sama dengan nol), lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut ini. Balok beton apabila akan

dibebani suatu gaya  $P$  tertentu seperti pada gambar 4.1. Belum mengalami deformasi, dan akan berdeformasi berupa perlengkungan bila  $P$  telah bekerja.



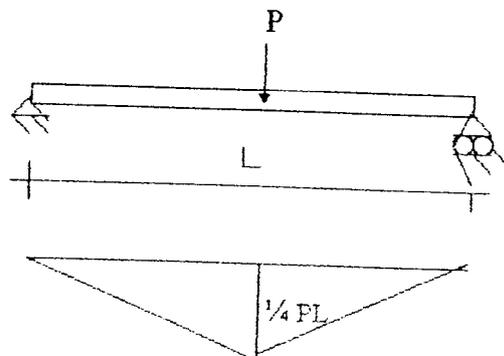
Gambar 4.1

Akibat perlengkungan itu, bagian atas balok tertekan dan bagian bawah tertarik seperti terlihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2

Akibat tertekan dan tertarik ini, terjadi gaya tekan pada bagian atas dan gaya tarik pada bagian bawah balok. Akibat dari gaya tekan dan gaya tarik timbulah momen lawan yang terjadi akibat beban. Untuk jelasnya dibuat suatu contoh, sebuah balok pada perletakkan sederhana dengan panjang ( $L$ ), dibebani gaya sebesar ( $P$ ) yang bekerja pada pertengahan balok. Dari analisa statika diperoleh momen maksimum yang terjadi adalah  $\frac{1}{4} PL$ .



Gambar 4.3 Diagram momen pada balok yang dibebani gaya ( $P$ ) yang bekerja ditengah bentang

Dalam perancangan balok, untuk dapat mendukung beban tersebut maka momen lawan balok harus lebih besar dari pada  $\frac{1}{4} PL$ .

